



La imagen del otoño

SECCIÓN COORDINADA POR DARIO CANO

RUPTURA ONDA DE ROSSBY Y BORRASCA ANA: 10-11 DE DICIEMBRE DE 2017

JOSÉ MARÍA SÁNCHEZ-LAULHÉ

El trimestre septiembre-noviembre de 2017 fue muy seco (ver "Crónica del Tiempo" en esta revista); el más seco en España en lo que llevamos del siglo XXI. La misma tónica continuó hasta el fin del otoño astronómico. No hubo episodios con grandes cantidades de precipitaciones acumuladas en extensas áreas ni con larga duración. Uno de los más importantes fue el del temporal del 10 al 11 diciembre, que causó numerosos daños en el oeste de Europa, principalmente por viento. Se midieron velocidades por encima de 160 km/h cerca de La Rochelle (Francia) y por encima de 100 km/h en muchas estaciones meteorológicas de la Península. Las precipitaciones afectaron a la mayoría del país, aunque solo se superaron los 100 mm de precipitación acumulada en las zonas costeras atlánticas.

Del 10 al 11 de diciembre se produjo la rápida profundización de una vaguada en el Atlántico norte oriental, resultado de la ruptura muy rápida de una onda de Rossby de gran escala espacial, que acabó aislando una

DANA en el noroeste de África. En el proceso tuvo gran protagonismo la ciclogénesis explosiva de la borrasca Ana en el seno de la vaguada. Ana fue la primera borrasca con nombre otorgado por los servicios meteorológicos nacionales de Francia (MétéoFrance), Portugal (IMPA) y España (AEMET), tras el acuerdo alcanzado de apodar a las borrascas profundas que puedan afectar a sus respectivos países y producir un gran impacto en bienes y personas.

El proceso se visualiza muy bien en las imágenes de satélite siguiendo la gran banda nubosa en la zona de fuerte gradiente horizontal de temperaturas y corriente en chorro en niveles altos de la troposfera, asociada inicialmente a una borrasca ocluida situada al oeste de Europa y a otra borrasca próxima a la costa de América del norte. Con este fin se muestran las tres imágenes infrarrojas del Meteosat del canal infrarrojo (IR) 10.8 μ m de 9 y 12 UTC del día 10, y de 9 UTC del día 11 de diciembre (figuras 1 a 3).

El día 10 a las 9 UTC, figura 1, el eje de la vaguada principal, asociada a una oclusión,

es casi zonal, estirándose desde el mar de Labrador al Canal de la Mancha, paralelo a un largo frente ocluido situada más al norte, entre las islas británicas e Islandia. Se observan células mesoscalares convectivas abiertas (**CA**) en el interior de la vaguada, y también al norte del frente ocluido. Este patrón es una señal de fuerte inestabilidad generada por la advección de aire frío sobre aguas relativamente cálidas (corriente del Golfo) en un ambiente de circulación ciclónica. Las nubes asociadas suelen ser de poco espesor (grisáceas en los canales IR) e indicativas de vientos mayores de 25 nudos (kt) en la capa límite marítima. También se observa en el interior de la vaguada un núcleo con convección con topes más fríos que corresponde a un máximo de vorticidad **X**, que corresponde al desarrollo de una nueva vaguada secundaria con eje casi meridional alrededor de 23° O. Al SE de este máximo, y debido a la advección de vorticidad, se ha formado una banda nubosa compacta, marcada como **HB**, orientada SO-NE, denominada nube "hoja baroclina" (*baroclinic leaf*), que es caracte-

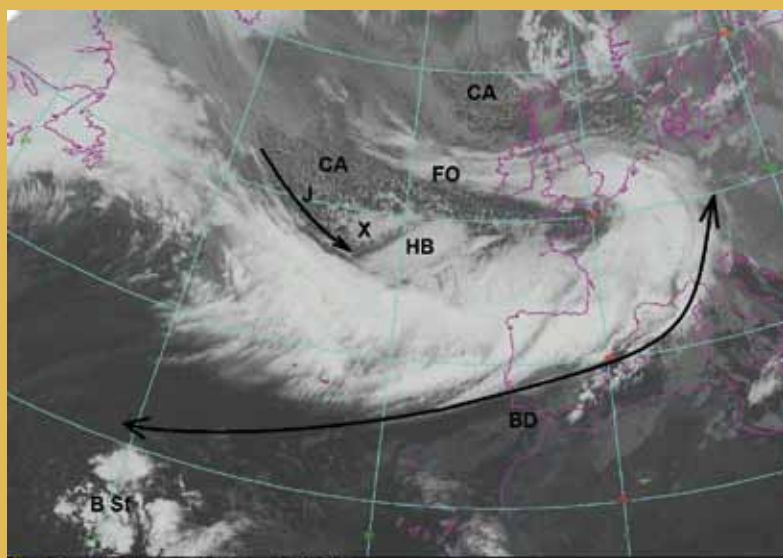


Figura 1. Imagen infrarroja del Meteosat de las 9 UTC del 10 de diciembre de 2017

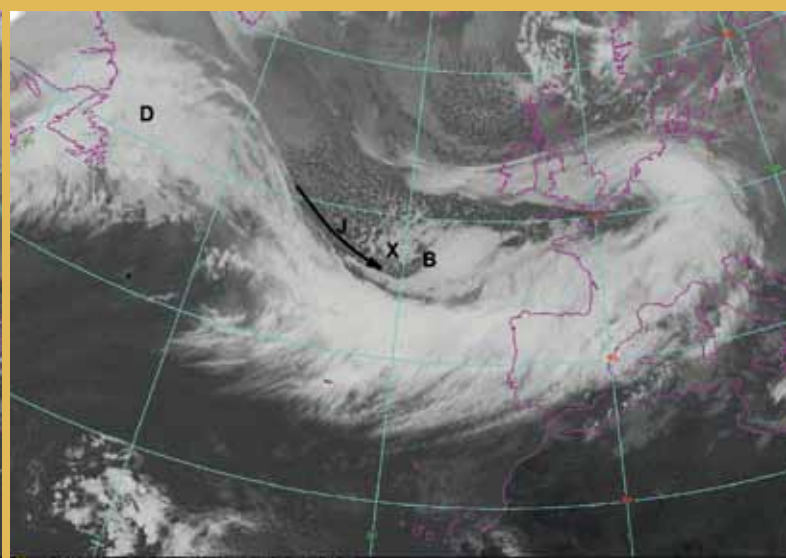


Figura 2. Imagen infrarroja del Meteosat de las 12 UTC del 10 de diciembre de 2017

rística de la etapa frontogénica preliminar de una ciclogénesis. Más al oeste se advierten líneas de cirros de orientación NO-SE, bordeando las células abiertas, que delatan la presencia de un máximo de viento (*jet streak*), marcado como **J** en las imágenes, en la corriente en chorro en niveles altos. El eje de la corriente en chorro se prolonga corriente abajo de **J**, donde se advierte un contraste en el brillo de los toques nubosos, que son menores hacia el polo debido a la presencia de aire seco de origen estratosférico en las capas altas, circunstancia que puede ser determinante en las ciclogénesis explosivas por la desestabilización convectiva de los niveles medios-bajos de la troposfera. Hacia el ecuador, al norte de la baja subtropical **B St**, se aprecian unas barbas de cirros que se estiran hacia el oeste, ensamblados con el eje de dilatación de la zona de deformación **BD**, que delatan el flanco oriental meridional del anticiclón en niveles altos.

A las 12 UTC, figura 2, la hoja baroclina ha evolucionado a nube en coma, indicativo de que ya se ha formado la borrasca Ana en superficie. A esta hora Ana tenía una presión en su centro de 990 hPa. También se aprecia mejor la dorsal **D** al oeste de la cuenca atlántica. A las 9 UTC del 11, figura 3, el eje principal de la vaguada ha pasado a tener una orientación N-S adquiriendo una enorme amplitud meridional, mientras que su escala longitudinal se ha acortado en más de 20°. La nubosidad de la dorsal **D** ha superado sobra-

damente los 60° N y al oeste de esta dorsal se aprecia el centro de otra borrasca **B2**. La nubosidad alta ha desaparecido en buena parte de la parte trasera de la vaguada debido a la advección de vorticidad negativa en niveles altos y a la advección fría en niveles bajos, evidenciada por la presencia de las células convectivas abiertas. Ana ya está en su fase madura, siendo su señal característica la forma de aguijón que adquiere la cabeza de la nubosidad en coma, rodeando el centro de la borrasca, incluso se ha ido rellenando después de alcanzar tierra con una presión en su centro de unos 958 hPa a las 6 UTC (por lo que se puede calificar como ciclogénesis explosiva). El máximo de vorticidad **X**, situado sobre el nordeste de la Península, juega un papel importante en el fortalecimiento del frente frío **FF** sobre la Península y el chorro en niveles altos en la parte delantera de la vaguada **J2**. Como consecuencia también resultó fortalecido el chorro en niveles bajos prefrontal, por lo que en la mitad sur de la Península las rachas más intensas de viento se produjeron al paso del frente frío. Posteriormente el máximo de vorticidad **X** se acabaría separando de la vaguada como una DANA en latitudes subtropicales.

La ruptura de las ondas de Rossby ha sido asociada por Thorncroft et al. (1993)¹ a la etapa final de un ciclo de vida de un ciclón extratropical de tipo 1 (LC1). LC1 se caracteriza porque en su evolución los niveles altos adoptan una forma de vaguada

progresivamente alargada meridionalmente que eventualmente se aísla del vórtice polar, proceso representado en la figura 4a por líneas isentrópicas en niveles altos de la troposfera. También ha sido imputada la ruptura de esta ondas en el Atlántico norte a una ciclogénesis explosiva sobre la parte oeste de la cuenca atlántica (ver por ejemplo: Massacand et al. 2001¹¹). En el transcurso de dicha ciclogénesis y la frontogénesis asociada, se libera una gran cantidad de calor latente en la troposfera en su parte delantera que amplifica rápidamente una dorsal (reducción de vorticidad potencial, PV) que, como reacción, acaba formando corriente abajo un flujo de componente norte que advecta aire frío y vorticidad potencial estratosférica hacia bajas latitudes, adquiriendo forma de tentáculo de PV (*PV streamer*) con la generación de una profunda vaguada que acaba rompiéndose (ver figura 4b).

En este caso parecen intervenir los dos procesos: la intensa ciclogénesis explosiva de la borrasca **B2** sobre el mar del Labrador hizo crecer la dorsal **D** hacia el polo, que como reacción impulsó una advección fría hacia el sur iniciando el crecimiento de una vaguada corriente abajo, y también una advección de vorticidad potencial positiva sobre la zona baroclina asociada a la oclusión preexistente, provocando el desarrollo baroclino de Ana, que acelera en su parte trasera el rápido crecimiento meridional de la vaguada.

¹ Thorncroft, C. D., B. J. Hoskins, y M. E. McIntyre, 1993. Two paradigms of baroclinic wave life cycle behaviour. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 119, 17-55.

¹¹ Massacand AC, Wernli H, Davies HC. 2001. Influence of upstream diabatic heating upon an Alpine event of heavy precipitation. *Mon. Weather Rev.* 129: 2822-2828.

¹¹¹ Knippertz, Fröhlich, Meier. The development of potential vorticity intrusions over the tropical North Atlantic. 14th Cyclone Workshop, Sainte-Adèle, 21-26 September 2008.

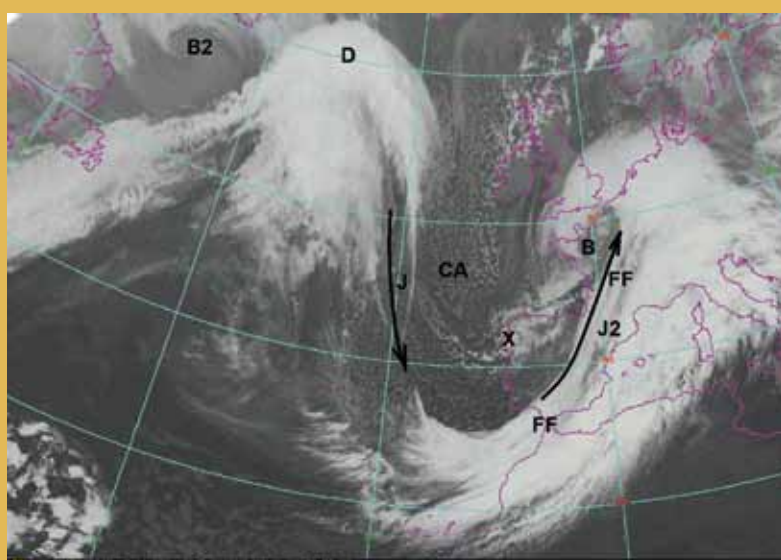


Figura 3. Imagen infrarroja del Meteosat de las 9 UTC del 11 de diciembre de 2017

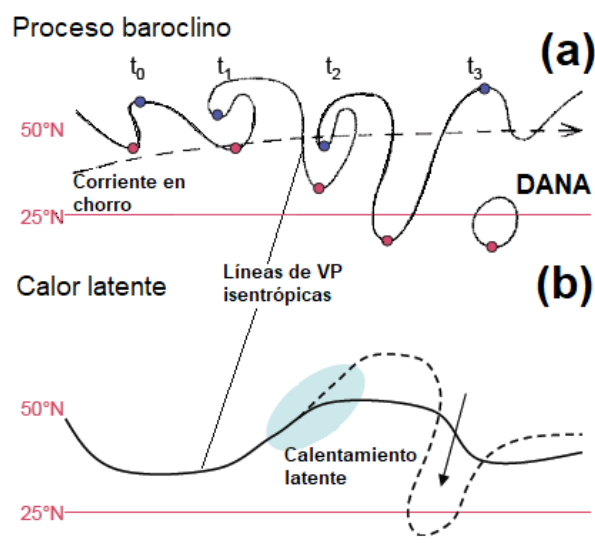


Figura 4. Dinámicas de la amplificación de una onda de Rossby. Adaptado de Knippertz et al.¹¹¹